

ВІДГУК

офіційного опонента, кандидата технічних наук, доцента

Гаркуші Миколи Васильовича

на дисертаційну роботу

РИБАКА РОМАНА ТАРАСОВИЧА «НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАННИЙ СТАН ПІДСИЛЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ТРУБ ПРИ ДІЇ ЗМІННИХ НАВАНТАЖЕНЬ І ВПЛИВІВ»,

поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю

192 Будівництво та цивільна інженерія

(19 – Архітектура та будівництво)

1. СТУПІНЬ АКТУАЛЬНОСТІ ТЕМИ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Актуальність теми дисертаційної роботи не викликає сумнівів, оскільки вона пов'язана з вирішенням важливої науково-прикладної проблеми, а саме підвищення надійності та довговічності залізобетонних водопропускних труб, які широко застосовуються в транспортній та інженерній інфраструктурі. Значна частина існуючих труб зазнала пошкоджень і втратила свою первинну несучу здатність, що створює загрозу для безпечної експлуатації автомобільних і залізничних шляхів.

Нагальною є потреба у розробці ефективних та економічно доцільних методів відновлення пошкоджених конструкцій без повної їх заміни. В умовах обмежених фінансових ресурсів та високих вимог до безперервності транспортного руху запропоновані в дисертації підходи до підсилення (зокрема метод гільзування, гільзування з арматурним каркасом та ін'єктування) мають важливе прикладне значення. Робота спрямована на розв'язання актуального інженерного завдання, яке відповідає сучасним викликам у галузі експлуатації, ремонту та реконструкції штучних споруд, що підтверджує високий ступінь її актуальності.

2. ЗВ'ЯЗОК РОБОТИ З НАУКОВИМИ ПРОГРАМАМИ, ПЛАНАМИ, ТЕМАМИ

Тема дисертації відповідає важливим пріоритетним завданням державної науково-технічної політики у сфері ресурсозбереження.

Робота виконана в межах бюджетної програми «Розвиток мережі та утримання автомобільних доріг загального користування державного значення» КПКВ 3111020, договір від 23 листопада 2023 р. № 102-23 «Провести дослідження та розробити методичні рекомендації з відновлення водопропускальних труб з металевих гофрованих конструкцій» (номер держреєстрації теми: 0123U104761).

Дисертаційна робота виконана на кафедрі будівельного виробництва національного університету «Львівська політехніка» згідно з тематикою «Технологія будівництва, дослідження прогресивних конструкцій, матеріалів та методів зведення будівель та споруд».

3. МЕТА РОБОТИ. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ. ПРЕДМЕТ ТА ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ

Головною метою дисертації є розробити методи відновлення та підвищення несучої здатності і довговічності водопропускних залізобетонних труб.

Об'єктом дослідження є підсилення залізобетонних водопропускних труб зі зниженими міцнісними характеристиками.

Предметом дослідження є напружено-деформований стан залізобетонних труб при дії силових навантажень і впливів.

Основні нові наукові завдання. Відповідно до поставленої мети автор сформулював такі основні нові наукові задачі:

- провести аналіз інженерно-конструктивних методів підвищення несучої здатності водопропускних труб в експлуатаційних умовах;
- розробити ефективні методи і технологію підвищення несучої здатності пошкоджених залізобетонних труб зі зниженими міцнісними характеристиками;
- виконати розрахунок напружено-деформованого стану підсилених залізобетонних труб методом скінченно-елементного аналізу із врахуванням дії силових навантажень та температурних впливів;
- розвинути математичну модель оцінювання напружено-деформованого стану підсилених залізобетонних труб при дії температурних впливів та виконати відповідні дослідження;
- експериментально дослідити роботу підсилених різними методами водопропускних залізобетонних труб на стадії експлуатаційних навантажень, а також у граничному стані за міцністю для доведення ефективності розроблених методів;
- провести порівняльний аналіз результатів експериментальних випробувань і теоретичних досліджень підсилених водопропускних залізобетонних труб;
- визначити техніко-економічну ефективність підсилення пошкоджених залізобетонних труб пропонованими методами.

Методи досліджень. Теоретичні розрахунки та дослідження виконувались за допомогою програмних комплексів, головним чином FEMAP with NX Nastran методом скінчених елементів. Практичні випробування зразків

залізобетонних труб виконувались загально прийнятими методами випробування таких конструкцій.

4. НАУКОВА НОВИЗНА РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

У представленій науковій праці вирішено нові науково-прикладні задачі. Комплекс виконаних нових експериментальних та теоретичних досліджень дав автору дисертації змогу вперше отримати ряд нових закономірностей **роботи** підсиленних водопропускних залізобетонних труб **та сформулювати наукову новизну роботи:**

- вдосконалено методику підсилення пошкоджених залізобетонних труб шляхом оптимального армування, бетонування, та при необхідності, ін'єктування їх внутрішнього простору;
- вперше отримано експериментальні результати зміни напружено-деформованого стану пошкоджених залізобетонних труб залежно від методу їх підсилення;
- розвинуто математичну модель оцінювання напружено-деформованого стану підсиленних залізобетонних труб, що враховує сумісну дію силового навантаження та температурного впливу на конструкцію;
- вперше застосовано метод скінченних елементів для визначення несучої здатності та деформативності залізобетонних труб підсиленних методом гільзування із використанням арматурного каркасу.

5. ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел (172 найменування) та додатків. Загальний обсяг роботи становить 228 сторінок: з них 178 сторінок основного тексту, 108 рисунків, 20 таблиць, 18 сторінок зі списком використаних джерел та 19 сторінок із 3 додатками.

У **вступі** автор достатньо детально обґрунтував аспекти актуальності теми досліджень, показав взаємозв'язок з практикою будівництва. Відповідно автор сформулював нові науково-технічні завдання, що підтверджують необхідність виконання наукових досліджень за прийнятим напрямком і темою дисертації. Також сформульовано мету роботи та визначено основні завдання досліджень, описано об'єкт, предмет і методи досліджень. У вступі також приведена загальна структура і обсяг дисертаційної роботи. За результатами роботи розкрито наукову новизну отриманих результатів та їх практичне значення. Висвітлено особистий внесок здобувача у наведених публікаціях за темою дисертації. Результати наукових досліджень дисертації достатньо повно відображені у фахових публікаціях та у конференціях.

Перший розділ присвячений детальному огляду наукової та нормативної літератури за напрямом теми досліджень. Проаналізовано технічний стан водопропускних залізобетонних труб на автомобільних і залізничних дорогах України та систематизовано основні чинники, що зумовлюють їх пошкодження. Автором оглянуто існуючі методи оцінювання технічного стану труб і класифікацію ступенів їх експлуатаційної придатності. За результатами аналізу сформульовано наукову гіпотезу, мету та завдання дослідження

У **другому розділі** дисертації викладено технічне обґрунтування та вдосконалення конструктивних рішень для підсилення залізобетонних труб із метою підвищення їхньої несучої здатності та довговічності. Зокрема, запропоновано удосконалення методу гільзування через інтеграцію просторового арматурного каркасу, що сприяє рівномірному розподілу навантажень. У розділі поетапно викладено порядок виконання підсилювальних заходів для кожного із запропонованих методів. Обґрунтовано вибір основних геометричних параметрів і матеріалів, необхідних для подальших теоретичних та експериментальних досліджень.

У **третьому розділі** викладено аналітичну оцінку роботи підсилених залізобетонних труб з використанням методу скінченних елементів та удосконаленої математичної моделі. Проведене моделювання дозволило виявити характер розподілу напружень і деформацій у трубах без підсилення, а також у конструкціях, підсилених методом гільзування та гільзуванням з додатковим армуванням. Розроблена модель враховує вплив як зовнішніх статичних навантажень, так і температурних змін довкілля, що дало змогу комплексно оцінити поведінку труб. Визначено числові значення напружень і деформацій, а також ідентифіковано ділянки з найбільшою концентрацією напружень на стиках конструкційних шарів. Отримані результати підтверджують доцільність застосування запропонованих методів підсилення та можуть слугувати основою для подальшої оптимізації конструктивних схем і вибору матеріалів для ремонту.

У **четвертому розділі** подано результати експериментальних досліджень, спрямованих на перевірку ефективності різних методів підсилення залізобетонних труб, зокрема гільзування, гільзування з арматурним каркасом та ін'єктування епоксидною сумішшю. Проведено випробування зразків, оцінено напружено-деформований стан конструкцій за різних типів підсилення та навантажень. Встановлено, що найбільші напруження виникають у вертикальному напрямку, а застосовані методи забезпечують суттєве зростання деформаційної стійкості труб. Проаналізовано економічну доцільність застосування кожного з методів. Розділ містить обґрунтування доцільності впровадження оптимальних технологій у залежності від умов експлуатації та фінансових можливостей.

У **загальних висновках** зазначено основні нові наукові результати дисертаційної роботи, наукова новизна та практична реалізація дисертаційної роботи, яка присвячена вирішенню актуальної науково-прикладної проблеми.

Список використаних джерел містить 172 наукових джерела, що свідчить про достатній рівень вивчення проблематики за темою дисертації.

У **трьох додатках** наведено перелік опублікованих праць за темою дисертації, акти впровадження результатів наукового дослідження та локальні кошториси на проведення будівельних робіт.

6. ОЦІНКА ЗМІСТУ ДИСЕРТАЦІЇ, ОФОРМЛЕННЯ ТА ЗАКІНЧЕНОСТІ В ЦІЛОМУ, ІДЕНТИЧНОСТІ ЗМІСТУ АВТОРЕФЕРАТУ ТА ОСНОВНИХ ПОЛОЖЕНЬ ДИСЕРТАЦІЇ АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ. ОСОБИСТИЙ ВНЕСОК ЗДОБУВАЧА

Оцінка оформлення основних положень дисертації. За змістом та оформленням дисертаційна робота відповідає встановленим вимогам Департаменту атестації кадрів щодо обсягу і структури.

Оцінка змісту та основних положень. Вступ містить всі необхідні елементи загальної характеристики дисертації: актуальність, мету і основні наукові завдання, наукову новизну і практичне значення, особистий внесок здобувача, дані про апробацію наукової роботи.

В анотації викладено основний зміст дисертації та сформульовано отримані нові наукові результати та наукова новизна проведених досліджень. В розділах описані всі результати досліджень для розкриття теми дисертації, досягнення мети і отримання наукової новизни та нових наукових результатів.

За результатами дисертації автор сформулював необхідні висновки по кожному розділу дисертації, а також в прикінцевих положеннях роботи надані узагальнені нові наукові результати і висновки, які відображають основні наукові досягнення, і показують, що основна мета і всі поставлені в дослідженні завдання виконані. Автор дисертації розробив належні висновки щодо практичного використання отриманих нових наукових результатів, виконав впровадження наукових результатів у виробництво та навчальний процес, що підтверджує практичну цінність і актуальність роботи.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційної роботи було висвітлено на 78-ій Студентській науково-технічній конференції (Львів, 2020), IX International Scientific and Practical Conference "EURASIAN SCIENTIFIC DISCUSSIONS" (Барселона, 2022), III international scientific conference "Scientific advances and innovative approaches" (Токіо, 2023), VIII Міжнародному науково-практичному симпозиумі (Івано-Франківськ, 2024).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи опубліковано і представлено у значному доробку, освітленому у 16 наукових працях, з них 2

статті у наукових фахових виданнях України, 7 – у виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази даних Scopus, 1 – в інших виданнях; 4 публікації за матеріалами конференцій та 2 патенти на корисну модель.

Особистий внесок здобувача в наукові дослідження, представлені в дисертації, полягає у формулюванні наукової гіпотези, мети досліджень, у визначенні основних наукових задач, у плануванні та проведенні експериментальних випробувань зразків залізобетонних труб, в обробці та перевірці достовірності отриманих результатів досліджень, у впровадженні результатів досліджень у виробництво.

Результати наукових досліджень, представлені в дисертаційній роботі, отримані автором особисто. В дисертації описано конкретно індивідуальний науковий вклад автора дисертації у кожную публікацію.

Робота виконана під керівництвом наукового керівника – к.т.н., доц. Парнети Б. З.

7. СТУПІНЬ ОБҐРУНТОВАНOSTІ НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ, ВИСНОВКІВ І РЕКОМЕНДАЦІЙ, СФОРМУЛЬОВАНИХ У ДИСЕРТАЦІЇ, ЇХ ДОСТОВІРНІСТЬ І ПОВНОТА. ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Достовірність і обґрунтованість наукових результатів та висновків, сформульованих в роботі, підтверджується використанням апробованих методологічних підходів щодо проведення теоретичних та експериментальних досліджень водопропускних залізобетонних труб, результатами випробувань на моделях, обраними відомими аналітичними методами розрахунку конструкцій та числовими методами визначення напружено-деформованого стану з використанням методу скінченних елементів, застосування апробованого обладнання і достовірних методик та методів для проведення експериментів.

Апробація результатів роботи на наукових семінарах та міжнародних науково-технічних конференціях підтверджує актуальність, достовірність, новизну і практичну цінність роботи.

Практичне значення одержаних результатів. Основні результати роботи мають суттєве практичне значення. Практичне значення роботи є важливим аспектом завершення наукових досліджень і визнання важливості проведених наукових робіт та підтвердження їх достовірності.

Автором розроблено та запропоновано нові способи підсилення водопропускних залізобетонних труб, зокрема вдосконалено метод гільзування шляхом додавання просторового арматурного каркасу, а також запропоновано використання ін'єкційних технологій для ремонту таких споруд.

Доведено, що підсилення водопропускних залізобетонних труб є раціональною альтернативою їх повної заміни. Метод ін'єктування дозволяє

зменшити витрати на 35 % у порівнянні із заміною, гільзування – на 22 %, а гільзування із додатковим армування – на 21 %.

Теоретичні дослідження та результати випробувань мають практичне значення для ряду дисциплін на кафедрах «Будівельне виробництво» та «Транспортні технології» Національного університету «Львівська політехніка».

8. ДИСКУСІЙНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА ЗАУВАЖЕННЯ ПО ДИСЕРТАЦІЙНІЙ РОБОТІ

У процесі аналізу результатів наукової праці виникли такі зауваження, які потребують дискусії і пояснень.

1. Пункт 5 загальних висновків до дисертаційної роботи доцільно було б сформулювати більш лаконічно.

2. Автором запропоновано ряд конструктивних методів підсилення залізобетонних труб із зниженими міцнісними характеристиками. Водночас виникає питання: чи передбачено можливість застосування цих методів для труб із корозійними пошкодженнями?

3. Слід уточнити, який вплив має арматурний каркас на тріщиностійкість підсиленої залізобетонної труби зі зниженими міцнісними характеристиками.

4. Із опису експериментальних досліджень не зрозуміло, з якою частотою дискретизації здійснювався запис переміщень залізобетонної труби під час навантаження.

5. На рис. 4.48 наведено порівняльну оцінку вартості запропонованих методів відновлення залізобетонних труб. Варто конкретизувати, який із методів є найбільш ефективним з точки зору техніко-економічної доцільності.

6. Варто детальніше наголосити яким чином забезпечується адгезія між залізобетонною трубою та шаром ремонтного розчину.

Оцінка відповідності освітньо-науковій програмі підготовки

Рибак Роман Тарасович за час роботи над дисертацією провів власне наукове дослідження, оформлене у вигляді наукової праці, та опублікував основні його наукові результати.

Результати аналізу дисертації, анотацій українською та англійською мовами, опублікованих праць дають підстави для висновку про те, що представлена дисертація є завершеною науковою працею, в якій вирішено важливі науково-технічні прикладні задачі: розроблення ефективних методів і технологій підвищення несучої здатності пошкоджених залізобетонних труб. Робота актуальна, має наукову новизну, нові наукові результати і практичне

значення. Результати комплексних експериментально-теоретичних досліджень роботи достовірні.

Відповідність дисертації вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії ...». Дисертація Рибак Роман Тарасовича «Напружено-деформований стан підсилених залізобетонних труб при дії змінних навантажень і впливів» відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в пп.5–9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії...», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44.

Дотримання принципів академічної доброчесності. Дисертаційна робота Рибак Роман Тарасовича «Напружено-деформований стан підсилених залізобетонних труб при дії змінних навантажень і впливів» є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК ПРО ДИСЕРТАЦІЙНУ РОБОТУ

Вважаю, що кваліфікаційна наукова праця «Напружено-деформований стан підсилених залізобетонних труб при дії змінних навантажень і впливів», подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія є завершеною і самостійно виконаною науковою працею, містить нові науково обґрунтовані теоретичні й практичні результати та відповідає вимогам пп.5–9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії...», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44, а її автор Рибак Роман Тарасович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

Офіційний опонент:

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри мостів, тунелів та
гідротехнічних споруд

Національного транспортного університету

Микола ГАРКУША

Підпис доцента, кандидата технічних наук, доцента кафедри мостів, тунелів та гідротехнічних споруд Національного транспортного університету Гаркуші М. В. засвідчую:

Учений секретар

Національного транспортного університету:

доктор філософії, доцент



Олександр ІВАНУШКО